

鋼矢板式物揚場における腐食調査について

屋良 隆司

株式会社 沖縄建設技研（〒901-2126 沖縄県浦添市宮城三丁目7番5-103号）

キーワード：港湾鋼構造物、鋼矢板式物揚場、腐食形態、腐食環境、腐食調査

1. はじめに

沖縄県は、四方を海で囲まれていることから、物資輸送の大部分は港湾を経由しており、さらに観光産業などの振興の上でも港湾の果たす役割は極めて重要となっている。

港湾構造物には古くから建設材料として鋼材が広く利用されており、特に、軟弱地盤においては積極的に用いられてきた。しかし、これらの港湾鋼構造物は海洋環境中にさらされるため、陸上鋼構造物に比較すると極めて厳しい腐食環境下にある。

ここでは、港湾鋼構造物の鋼矢板物揚場における腐食調査について報告する。

2. 調査概要

本調査は、既設物揚場の嵩上げ改良に伴い、鋼矢板式物揚場の腐食状況および残存耐力を把握する目的で、目視調査および肉厚測定による腐食調査を実施した。

3. 既設構造物の概要

腐食調査に先立ち、既設構造物の構造形式、最大応力発生位置等を把握する目的で、既存報告書、竣工図等より資料調査を行った。

既設物揚場の概要は表-1に示すとおりであり、構造形式は鋼矢板式で、最大曲げモーメント位置はDL=-1.60~-1.65mの範囲にある。また、供用期間はそれぞれ約7年、約20年経過している。

表-1. 既設構造物の概要

施設名	物揚場(-3.0m)	物揚場(-4.0m)
構造形式	鋼矢板FSP-Ⅲ型 (L=9.0~11.0m)	鋼矢板SPⅢA型(SY30) (L=10.0~14.5m)
最大曲げモーメント	DL=-1.60m	DL=-1.65m
耐用年数(年)	50	30
腐食しろ(mm)	5.0	3.0
竣工年月日	平成10年9月	昭和60年3月
供用期間	約7年	約20年

※供用期間は、工事完了時から調査時点における年数である。

4. 港湾構造物における腐食の形態および環境区分

(1) 腐食形態

腐食の形態は、大きく分けると全面腐食と局部腐食の2種類に区分される(図-1)。全面腐食は、腐食環境にさらされた鋼材がほぼ均一に減肉する腐食であり、局部腐食は、腐食環境中にある鋼材の特定の部位に深い侵食を発生させる腐食である。

略号	腐食形態		
Ge		even general corrosion 比較的平坦な全面腐食	
Gu		uneven general corrosion 凹凸の激しい全面腐食	
Le		even local corrosion 比較的平坦な局部腐食	
Lu		uneven local corrosion 凹凸の激しい局部腐食	
W		wide pits 広口の孔食	
M		medium pits 普通の孔食	
N		narrow pits 深い孔食	
K		cracking 割れ	

曝露面(影の部分は腐食面) 断面(中心線に沿って)

図-1. 腐食の形態

(2) 腐食環境区分

港湾構造物が設置される腐食環境は、①海上大気部、②飛沫帯、③干満帯、④海中部、⑤海底土中部、⑥背面土中部の6つの環境に区分されることが一般的であり、それぞれの環境における特徴および腐食特性を表-2に示す。また、無防食の鋼管杭について、それぞれの腐食環境における腐食速度を模式的に表したものを図-2に示す。

港湾鋼構造物に使用された鋼材において、最大の腐食速度を示す海洋環境は「飛沫帯」である。しかし、実際の港湾鋼構造物の飛沫帯に該当する箇所は、構造上の理由からその大部分がコンクリートなどで被覆されている場合が多い。そのため、港湾鋼構造物の腐食が問題となる環境は、平均干潮面(M.L.W.L)直下付近の「海水中」で激しい局部腐食が発生することで知られている。

表-2. 代表的な腐食環境の特徴

環境	環境の特徴	腐食特性
海上大気部	風が微細な海塩粒子を運ぶ。 (海面からの距離により環境の腐食性は変化する。風速、風向き、降雨、気温、日射量、埃、季節、汚染などの腐食因子)	日陰で風雨が当たる部位は、風雨が当たらない部位より、腐食速度が大きい。
飛沫帯	鋼表面は、十分に酸素を含む薄い水膜で濡れている。生物付着はない。	腐食速度は、最も大きい。
干満帯	海水の潮汐により乾湿がくり返される。	干満帯から海中部に連続している構造物では、M.S.L.付近が酸素濃淡電池のカソードとして作用する。塗膜の損傷部での腐食速度は大きい。
海中部	生物付着、流速などが腐食因子として作用する。	干満帯から海中部に連続している構造物では、M.L.W.L.直下付近が酸素濃淡電池のアノードとして作用し、腐食速度が大きい。
海底土中部	硫酸塩還元細菌などが存在することもある。	硫化物は、鋼の腐食や電気防食特性に影響を及ぼす。
背面土中部	残留水位より上では土壌環境とはほぼ同じ。 残留水位より下では海底土中部とはほぼ同じ。	土壌環境に類似している。 海底土中部に類似している。

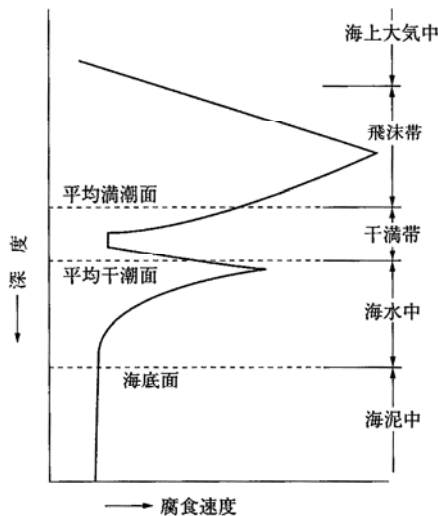


図-2. 鋼管杭における腐食速度模式図

5. 腐食調査

腐食調査は、鋼材の腐食状態の概略を把握するとともに、肉厚測定箇所を選定するための「目視調査」、腐食による鋼材肉厚の減少量や腐食傾向を定量的に把握するための「肉厚測定」を行った。

(1) 目視調査

目視調査は、物揚場全面を下記の点に留意して行った。

- ① 発錆箇所の有無・範囲
- ② 集中腐食発生の有無・位置
- ③ 孔食の発生の有無・箇所・形状・寸法
- ④ 付着物の状況
- ⑤ 船舶や漂流物等の衝突の痕跡の有無

(2) 肉厚測定

肉厚測定は、超音波厚み計を使用して鋼矢板の現有肉厚を測定した。

超音波厚み計は、鋼材の表面に当てた探触子から鋼材面に反射した超音波パルスが鋼材裏面で反射され、探触子に戻るまでの時間が超音波の通過する距離に比例することを利用して鋼材の厚みを測定するものである(写真-1)。



写真-1. 超音波厚み計と探触子

肉厚測定点は、図-3(1)に示す鋼矢板の①(凸面)および②(凹面)の2面で行い、超音波厚み計の探触子を当てる点は、図-3(2)に示す約10cm×10cmの範囲内において定められた測定点でそれぞれ3回ずつ当てて測定し、その平均値を肉厚測定点の現有肉厚とした。

肉厚測定箇所は、図-3(3)に示すように平均干潮面(M.L.W.L.)～L.W.L.付近において最も腐食する可能性があることから①DL+0.5mに1点、また、矢板における最大応力は海中部で発生することから最大曲げモーメント発生点を考慮し、②DL-1.6mと③DL-2.6mの2点を選定した。

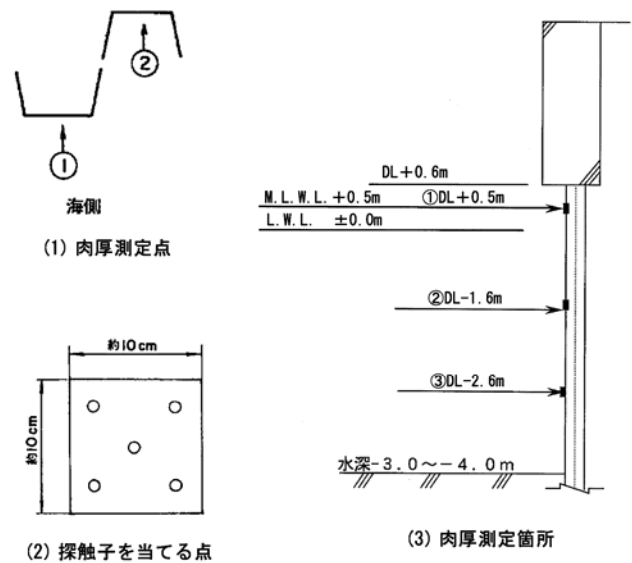


図-3. 肉厚測定要領図

6. 調査結果および考察

(1) 目視調査結果

鋼矢板表面にはカキ等の海洋性付着物が全面に付着しているのが確認されたため、発錆箇所、集中腐食、孔食の発生等の有無は確認することが出来なかった(写真-2)。また、船舶や漂流物等の衝突の痕跡も確認されなかった。



写真-2-1. 物揚場 (-3.0m)

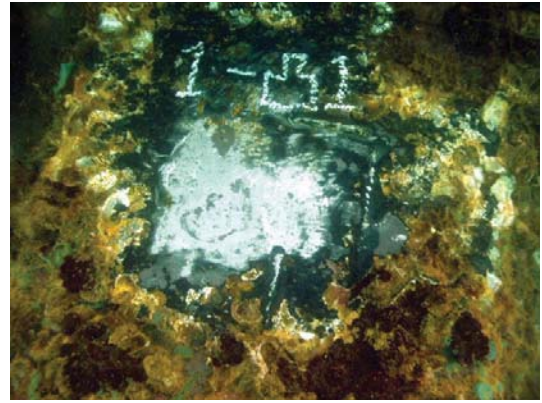


写真-4-1. 凸面

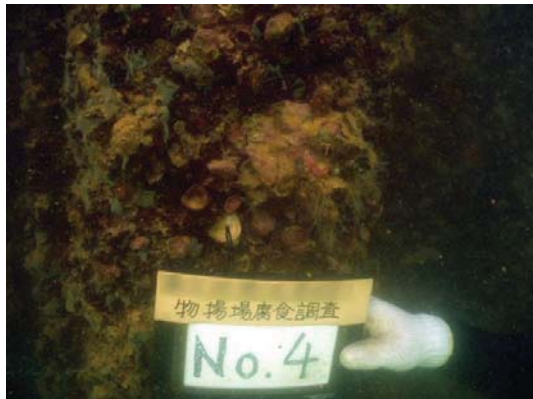


写真-2-2. 物揚場 (-4.0m)

写真-2. 目視調査状況

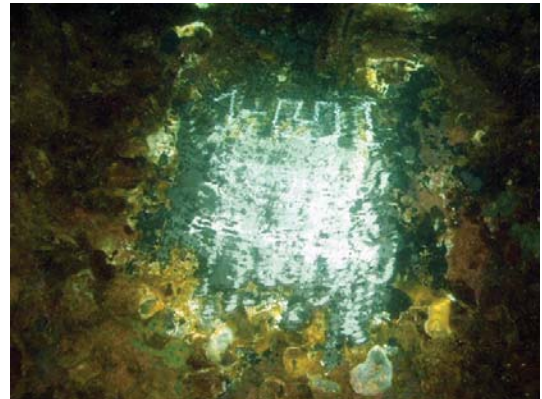


写真-4-2. 凹面

写真-4. 物揚場 (-3.0m) 肉厚測定状況

目視調査の結果、カキ等の海洋性付着物が鋼矢板全面に付着し、腐食状況が確認できなかったことから、物揚場 (-4.0m) 箇所において付着物の撤去 (全面ケレン) を行い、腐食状況を確認した (写真-3)。

その結果、鋼矢板全体に発錆が確認され、腐食形態は図-1 に示される「比較的平坦な局部腐食」 (略号: Le) の状態であった。



写真-5-1. 凸面

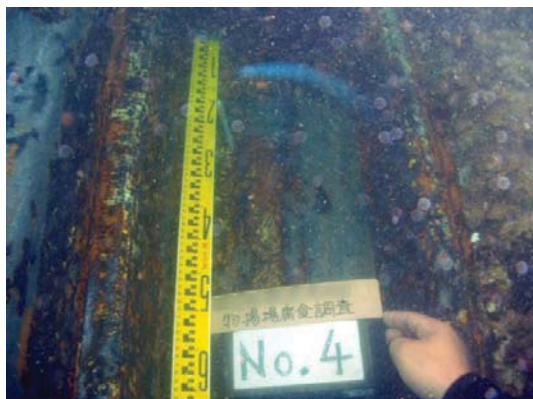


写真-3. 付着物撤去後 (全面ケレン)



写真-5-2. 凹面

写真-5. 物揚場 (-4.0m) 肉厚測定状況

(2) 肉厚測定結果

鋼矢板の凸面および凹面の 2 面において肉厚測定を行った (写真-4, 5)。

肉厚測定の結果を基に、鋼材の腐食量と腐食速度の評価を行った。その結果を表-3 および図-4 に示す。

腐食速度は次式により算出し、当初設計での算定値と実測した腐食速度を比較して評価する。

$$\text{腐食速度 (mm/年)} = \text{腐食量 (mm)} \div \text{腐食期間 (年)}$$

ここに、

$$\text{腐食量 (mm)} = \text{初期肉厚 (mm)} - \text{現有肉厚 (mm)}$$

表-3. 腐食調査結果表

施設名	物揚場(-3.0m)			物揚場(-4.0m)			
使用鋼材	鋼矢板FSP-Ⅲ型 (L=9.0~11.0m)			鋼矢板SPⅢ _A 型(SY30) (L=10.0~14.5m)			
初期肉厚(mm)	13.0			13.1			
設計耐用年数(年)	50			30			
腐食しろ(mm)	5.0			3.0			
供用期間(年)	7			20			
測定箇所 DL(m)	現有肉厚 (mm)	腐食量 (mm)	腐食速度 (mm/年)	現有肉厚 (mm)	腐食量 (mm)	腐食速度 (mm/年)	
+0.5	凸部	12.56	0.44	0.06	11.32	1.78	0.09
	凹部	12.47	0.53	0.08	11.30	1.80	0.09
-1.6	凸部	12.61	0.39	0.06	11.42	1.68	0.08
	凹部	12.48	0.52	0.07	11.36	1.74	0.09
-2.6	凸部	12.55	0.45	0.06	11.29	1.81	0.09
	凹部	12.52	0.48	0.07	11.43	1.67	0.08
平均値	12.53	0.47	0.07	11.35	1.75	0.09	

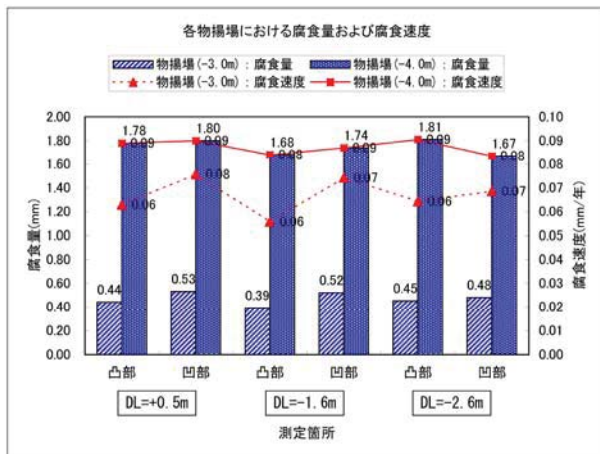


図-4. 各物揚場における腐食量および腐食速度

本調査の結果をまとめると次のようになる。

物揚場 (-3.0m)

- ・腐食量：0.39~0.53(mm) [平均値：0.47(mm)]
- ・腐食速度：0.06~0.08(mm/年)

物揚場 (-4.0m)

- ・腐食量：1.67~1.81(mm) [平均値：1.75(mm)]
- ・腐食速度：0.08~0.09(mm/年)

上記結果を基に、各施設における残存腐食しろおよび残存耐用年数を算出すると表-4 のようになり、いずれの物揚場についても当初設計において算定された耐用年数を満足している。

表-4. 調査後の残存腐食しろおよび残存耐用年数

施設名	腐食調査後の 残存腐食しろ (mm)	腐食調査後の 残存耐用年数 (年)
物揚場(-3.0m)	約4.5	56
物揚場(-4.0m)	約1.2	13

腐食速度は、いずれの物揚場についても 0.1 (mm/年) 未満となり、表-5 の港湾における鋼材の腐食速度の標準値に示される「H.W.L. ~L.W.L. -1.0m」および「海水中」の値以下であることから、当初設計における設定値 (=0.1mm/年) は妥当であると判断される。

表-5. 港湾における鋼材の腐食速度の標準値

腐食環境	腐食速度 (mm/y)
1) H.W.L.以上	0.3
2) H.W.L.~L.W.L.-1.0m	0.1~0.3
3) 海水中	0.1~0.2
4) 海底土中部	0.03
5) 背面土中部	
a. 残留水位より上	0.03
b. 残留水位より下	0.02

残存耐用年数は、調査時の腐食速度で計算すると表-6 のようになり、物揚場 (-3.0m) については 63 年、物揚場 (-4.0m) については 33 年となる。すなわち、設計耐用年数よりもそれぞれ 13 年、3 年の供用が可能となる。

表-6. 設計耐用年数後の残存耐用年数

施設名	設計時 耐用年数 (年)	実測値による 残存耐用年数 (年)	設計耐用年数 後の残存耐用 年数(年)
物揚場(-3.0m)	50	63	13
物揚場(-4.0m)	30	33	3

※実測値による残存耐用年数=供用年数+腐食調査後の残存耐用年数

7. おわりに

過去に建設された港湾構造物の主な防食法は、「腐食しろ」による方法で、あらかじめ鋼材の肉厚を耐用年数に見合った腐食量の分だけ厚くする方法が一般的であった。

沖縄県における港湾構造物は、厳しい腐食環境に建設されていること、また、昨今の厳しい財政事情を踏まえると、今後は構造物が腐食により大きな被害を受けても、容易に改修等を実施できる状態ではないと考えられる。

順次、老朽化していく既設構造物を適切に維持管理・更新を進めるにあたり、既設構造物の腐食調査を行った上で、計画的な補修・修繕(ライフサイクルコスト)を考えなければならない時期に来ている。

参考文献

- 1) 財団法人 沿岸開発技術研究センター：港湾構造物防食・補修マニュアル(2009年版)，平成21年11月。
- 2) 財団法人 日本港湾協会：港湾の施設の技術上の基準・同解説，1999。